

ВЛИЯНИЕ РУСЛОВЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК СРЕДНЕЙ АЗИИ

Создание водохранилищ сопровождается процессом трансформации гидрохимического режима рек, который заключается в изменении минерализации, ионного и биогенного состава речных вод и уровня их загрязнения. Ниже эти вопросы анализируются на основе обобщения стандартных гидрохимических наблюдений на постах республиканских гидрометов.

Методика исследований заключалась в сопоставлении характеристик гидрохимического режима реки в верхнем и нижнем бьефах и во времени - до сооружения водохранилища и после ввода его в эксплуатацию.

Для анализа использованы как средние за расчетные периоды величины, полученные по методике САНИГМИ [4], так и измеренные значения минерализации, биогенного состава и концентрации загрязняющих веществ. Последние анализировались, главным образом, на предмет обнаружения тренда и оценки частоты превышения ПДК.

Для того, чтобы исключить влияние природной изменчивости минерализации, количественная оценка ее изменения на исследуемом участке реки проведена с помощью коэффициента трансформации:

$$K = \Sigma U_2 / \Sigma U_1,$$

где K - коэффициент трансформации, показывающий, во сколько раз средняя за расчетный период минерализация воды в нижнем бьефе водохранилища больше (или меньше) по сравнению с верхним; ΣU_1 и ΣU_2 - средняя за расчетный период минерализация воды в верхнем и нижнем бьефах.

Интегральная кривая значений K , построенная за условно-естественный период и экстраполированная на время работы водохранилища, дает наглядное представление о влиянии последнего.

Количественную оценку влияния водохранилища на минерализацию речной воды можно получить из выражения

$$\Delta = K_1 / K, \quad (1)$$

где K_1 - коэффициент трансформации минерализации в нижнем бьефе водохранилища в i -м году; K - то же в среднем за условно-естественный период; Δ - изменение минерализации, в процентах относительно естественного уровня.

Выражение (1) позволяет оценить влияние водохранилища на минерализацию речной воды, исключив воздействие других антропогенных и природных факторов.

Анализ выполнен для участков рек, на которых велись параллельные наблюдения за минерализацией воды в верхних и нижних бьефах как в период эксплуатации водохранилищ, так и на условно-естественном уровне (табл. 1). Водоохранилища эти достаточно репрезентативны для региона, так как расположены в разных высотных зонах и отличаются по своим морфометрическим характеристикам.

Расчеты показывают (табл. 2), что в пределах горных водохранилищ (ЧПУ около 900 м) средняя годовая минерализация практически не меняется.

Отношение коэффициентов трансформации минерализации K_1 за период эксплуатации водохранилищ к условно-естественному периоду K колеблется в пределах 0,96-1,02.

Следовательно, изменение средней годовой минерализации воды в самих водохранилищах не превышает погрешности ее расчета. Только в крупном равнинном Тюямунском водохранилище, расположенном в пустынной зоне, средняя годовая минерализация возросла по сравнению с исходным уровнем на 7%.

Полученные результаты подтверждают прогнозы К. Г. Лазарева и других авторов [3] о незначительном увеличении минерализации воды в водохранилищах аридной зоны за счет испарения.

Повышенный прирост минерализации в первые годы работы водохранилища (табл. 2) связан с выщелачиванием солей из ложа водохранилища при его первоначальном заполнении [1-2].

Характеристики исследованных русловых водохранилищ

Элементы	Водохранилища				
	Нурекское	Токто-гульское	Андижанское	Чарвакское	Тюямуюнское
Река, створы в верхнем и нижнем бьефах	Вахш, кишл. Комсомол-абад Вахш, кишл. Са-рыгузар	Нарын, г. Уchte-рек Нарын, г. Учкур-ган	Карадарья, г. Узген Карадарья, кишл. Ка-рабагиш, отводящий канал, пгт. То-полино	Чаткал, выше ус-тья р. Ху-дайдотсай Чирчик, г. Газал-кент	Амударья, вдк. ст. Дарганата Амударья, теснина Тюямуюн
Расстояние створов от устья, км:					
верхнего	372	209	164	9,0	611
нижнего	249	40,0	135	134	450
Длина водо-хранилища, км	70	65	14,4	22,0	80,0
Периоды ос-реднения дан-ных (годы):					
условно-ес-тественный	1968-1971	1964-1973	1970-1976	1964-1977	1952-1971
эксплуатации	1982-1988	1974-1985	1978-1990	1978-1990	1980-1990
Средние за период эксп-луатации:					
объем, км ³	8,34	8,97	0,81	1,01	1,08
площадь во-доема, км ²	85,5	194,5	29,4	26,4	257
относитель-ная глубина, м	21,8	7,96	8,32	8,14	0,66
НПУ, м над уровнем моря	910	905	900	890	130

Однако и в этом случае увеличение минерализации не превы-
шает 12% и несоизмеримо с ее ростом за счет осуществления вод-
ных мелиораций [4].

Этот вывод не относится к наливным водохранилищам аридной зоны. Последние располагаются, как правило, в чашах естественных понижений, характеризующихся высокой степенью засоленности. В результате процессов выщелачивания на этапе заполнения таких водохранилищ возможен резкий рост минерализации.

Таблица 2

**Средние за расчетный период
изменения минерализации воды в нижних бьефах
русловых водохранилищ относительно условно-естественного уровня**

Водохранилище	Отношение K_1 к K в среднем за 1976 - 1980 годы				
	I - III	IV - VI	VII - IX	X - XII	I - XII
Нурекское	0,75	1,10	1,17	0,62	1,01
Токтогульское	0,70	1,17	1,14	0,69	1,00
Чарвакское	0,97	1,04	1,02	1,04	1,03

Водохранилище	Отношение K_1 к K в среднем за 1981 - 1985 годы				
	I - III	IV - VI	VII - IX	X - XII	I - XII
Нурекское	0,71	1,09	1,16	0,64	1,01
Токтогульское	0,71	1,13	1,03	0,70	0,94
Чарвакское	1,09	1,09	0,92	1,09	1,03
Тюямунское	0,98	1,11	1,16	0,82	1,09
Андижанское	0,86	1,14	1,10	0,84	1,12

Водохранилище	Отношение K_1 к K в среднем за 1986 - 1990 годы				
	I - III	IV - VI	VII - IX	X - XII	I - XII
Нурекское	0,74	1,07	1,12	0,66	1,00
Токтогульское	0,71	1,13	1,06	0,69	0,97
Чарвакское	1,05	1,06	0,86	1,08	1,01
Тюямунское	0,86	1,09	1,17	0,83	1,05
Андижанское	0,61	0,93	0,89	0,59	0,84

Не оказывая значимого воздействия на среднюю годовую минерализацию, водохранилища осуществляют нивелирование ее значений внутри года.

В результате смещения в чаше водохранилища речных вод, сформированных в разные фазы гидрологического режима, минерализация воды в межень уменьшается, а в паводок увеличивается (табл. 2). Вместе с тем, сезонный ход минерализации в сглаженном виде сохраняется в нижних бьефах водохранилищ.

Анализ измеренных значений минерализации показывает, что число случаев превышения ПДК в нижних бьефах возрастает по сравнению с верхними (табл. 3). Однако, по абсолютной величине наблюдаемые максимумы в нижних бьефах меньше, чем в верхних.

Таблица 3

**Число случаев превышения ПДК,
в % от общего количества проб в месяце**

Водохранилище	Створ	I	II	III	IV	V	VI
Кайраккумское	Акджар	67	86	76	89	36	26
	Кзылкишлак	75	76	82	83	60	47
Тямяуьнское	Дарганата	50	100	90	71	50	23
	Тямяуьн	67	100	100	92	53	21
Нурекское	Комсомолабад	-	-	-	-	-	-
	Нурек	21	-	-	-	-	-
Чимкурганское	Чиракчи	0	0	0	0	0	0
	н/б вдхр	23	29	8	-	12	8
Водохранилище	Створ	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кайраккумское	Акджар	40	33	79	78	44	47
	Кзылкишлак	38	47	76	88	87	71
Тямяуьнское	Дарганата	-	14	14	62	83	50
	Тямяуьн	15	-	-	36	43	50
Нурекское	Комсомолабад	6	-	-	-	-	-
	Нурек	-	-	7	-	8	-
Чимкурганское	Чиракчи	0	0	0	0	0	0
	н/б вдхр	6	-	38	36	31	11

Трансформация газового и биогенного состава речных вод исследовалась на примере 9 водохранилищ (рис. 1). Анализ показывает, что водохранилища практически не влияют на содержание в речной воде азота, кислорода и диоксида углерода.

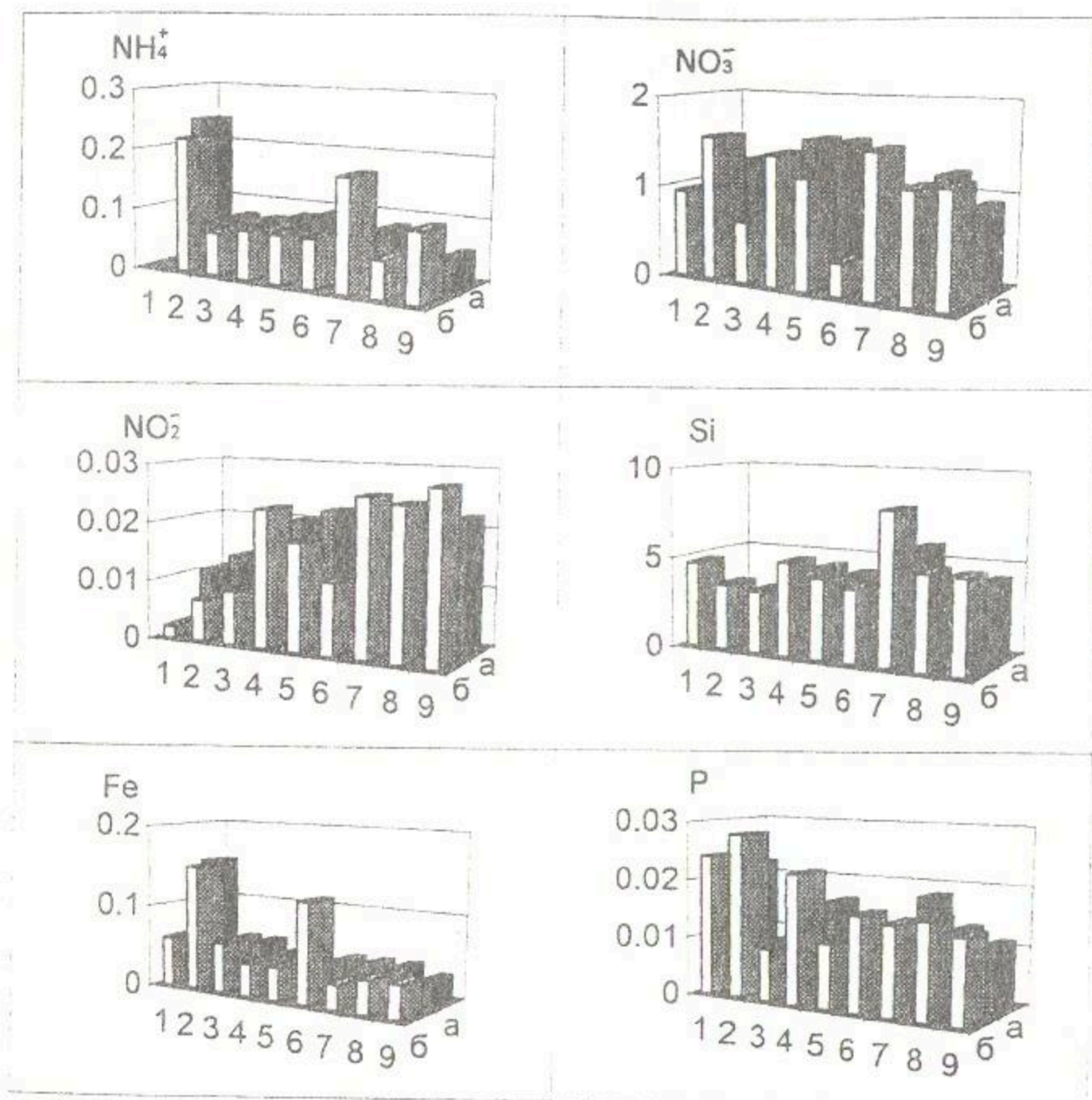


Рис. 1. Средний за период работы водохранилищ биогенный состав воды в их верхних (а) и нижних (б) бьефах. Водохранилища: 1 - Токтогульское, 2 - Андижанское, 3 - Чарвакское, 4 - Кайраккумское, 5 - Тябугузское, 6 - Нурекское, 7 - Тямуюнское, 8 - Чимкурганское, 9 - Южносурханское.

Концентрации нитратного и нитритного азота в верхних и нижних бьефах большинства исследованных водохранилищ практически равны, а аммонийного азота в отдельных нижних бьефах уменьшаются.

Содержание кислорода и диоксида углерода в нижних бьефах одних водохранилищ увеличивается, а в других уменьшается по сравнению с верхними. Эти изменения трудно объяснить влиянием водохранилищ.

Концентрация кремния, железа и минерального фосфора несколько уменьшается в нижних бьефах русловых водохранилищ, что может быть связано с сорбцией этих веществ на глинистых взвешенных наносах с последующим осаждением их на дно.

Из органических загрязнителей лишь фенолы имеют тенденцию к уменьшению концентрации в пределах водоема. Концентрация других загрязнителей (нефтепродукты, ядохимикаты, СПАВ) меняется в нижних бьефах водохранилищ по сравнению с верхними неоднозначно.

Концентрация нефтепродуктов и СПАВ в пяти нижних бьефах водохранилищ из девяти уменьшилась по сравнению с верхними, а в трех увеличилась.

Содержание гексахлорана в пяти из восьми створов увеличилось, а ДДТ уменьшилось.

Параллельные наблюдения за концентрацией в верхних и нижних бьефах рогора и метафоса проводились на Кайраккумском, а за последним элементом - и в Тюябугузском водохранилищах.

Содержание первого элемента в пределах водохранилищ уменьшилось, а второго - увеличилось. Столь противоречивые результаты не позволяют сделать однозначные выводы о роли водохранилищ в процессе загрязнения рек.

Можно лишь предположить, что уменьшение в нижних бьефах водохранилищ концентрации загрязняющих веществ связано с процессами самоочищения водоемов, а их рост - со сбросом загрязненных коллекторных вод на исследуемом участке реки.

Параллельные наблюдения в верхних и нижних бьефах за концентрацией тяжелых металлов в полном объеме проводились лишь на Кайраккумском водохранилище, а в сокращенном (не за всеми эле-

ментами) на четырех (Чарвакском, Туюбугузском, Южносурханском и Чимкурганском).

По двум из них приведены геохимические спектры в верхних и нижних бьефах водохранилищ (рис. 2). Из него следует, что изменение концентрации тяжелых металлов в пределах водохранилищ также неоднозначны.

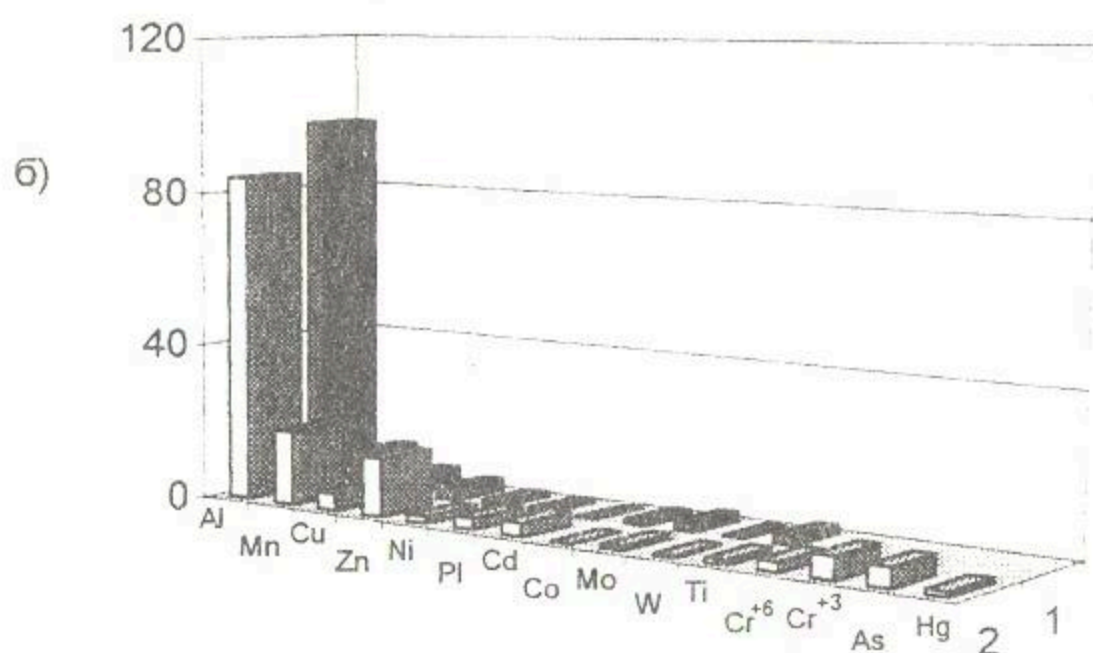
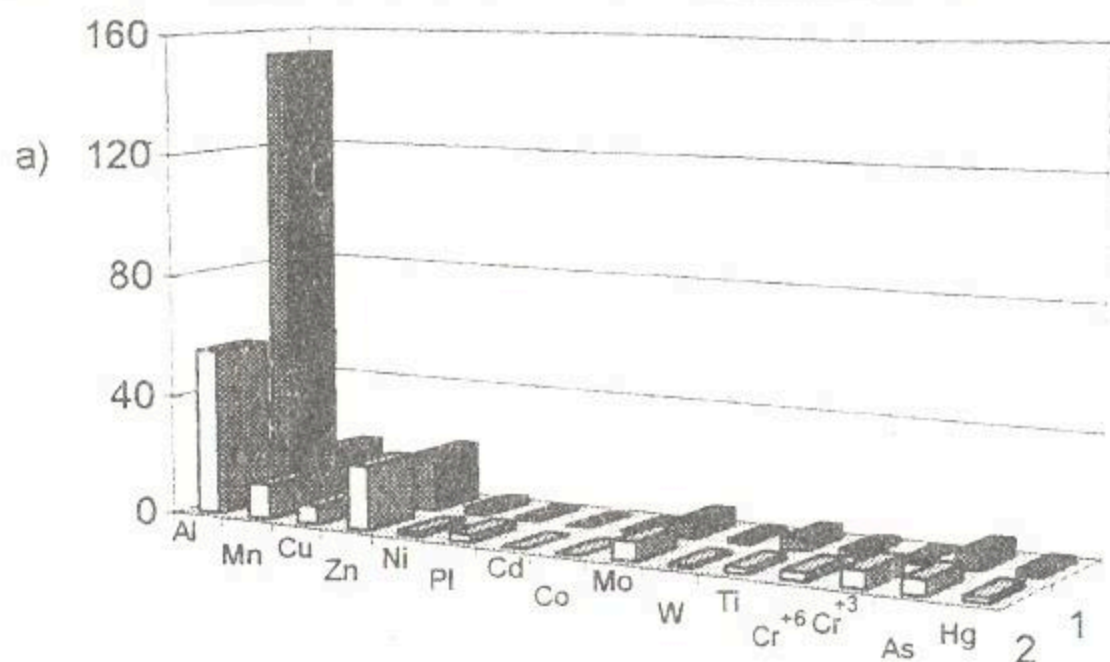


Рис. 2. Геохимические спектры воды Кайраккумского (а) и Чарвакского (б) водохранилищ.
1 - верхние бьефы, 2 - нижние бьефы.

Концентрация марганца, меди, никеля, алюминия, хрома в подавляющем большинстве нижних бьефов уменьшается по сравнению с верхними, что свидетельствует о самоочищении потока в пределах водохранилищ.

Вместе с тем, содержание в воде цинка и свинца увеличивается, а изменения других элементов наблюдаются с разным знаком. В некоторых случаях концентрация ряда элементов в обоих бьефах отличается на величину, не превышающую точности измерения и расчета среднего.

Выводы

При наличии параллельных наблюдений за химическим составом речных вод в верхних и нижних бьефах водохранилищ в естественных условиях и в период эксплуатации разработанная методика позволяет оценить их влияние на гидрохимический режим рек.

Вместе с тем, при существующих методах измерения и расчета минерализации метод применим лишь для крупных водохранилищ, где роль испарения может быть существенной.

Горные водохранилища не оказывают влияния на среднюю годовую величину минерализации. Она несколько увеличивается лишь на крупных равнинных водохранилищах, где роль испарения может быть существенной.

В результате смешения в чаше водохранилища речных вод разного генетического происхождения годовой ход минерализации сглаживается: летом она возрастает, а в межень уменьшается. При этом число случаев превышения ПДК в нижних бьефах может увеличиваться, а их абсолютная величина уменьшаться.

Современная система дискретных наблюдений за биогенным составом речных вод не позволяет сделать достоверные выводы о влиянии водохранилищ на изменение биогенного и газового режима речных вод. Можно лишь утверждать, что в изменении концентрации железа, кремния и минерального фосфора наблюдается тенденция к их уменьшению в нижнем бьефе за счет процессов сорбции на наносах с последующим их осаждением на дно.

Концентрация большинства тяжелых металлов в нижних бьефах водохранилищ уменьшается за счет сорбции их на наносах с последующим осаждением на дно. Лишь концентрация свинца и цинка несколько увеличилась, что вряд ли связано с эксплуатацией водохранилищ.

По ряду металлов (ртуть, мышьяк и др.) влияние водохранилищ не выявлено, так как отсутствуют параллельные наблюдения в верхних и нижних бьефах.

Изменение концентрации органических загрязнителей в нижних бьефах водохранилищ неоднозначно. В некоторых из них наблюдается уменьшение концентрации, что связано с процессами самоочищения водоемов. В других – концентрация увеличивается, вероятнее всего за счет сбросов загрязненных коллекторных вод.

Проведенный анализ показал, что современная система наблюдений за химическим составом речных вод не позволяет сделать исчерпывающие выводы о влиянии на него водохранилищ.

Список литературы

1. Д о л г о в Г. И. Об основных принципах и путях разработки методики прогноза качества воды водохранилищ // Гидрохимические материалы. – 1961. – Т. 31. – С. 69-74.
2. К р и в е н ц о в М. И. К вопросу о прогнозировании минерализации и химического состава воды водохранилищ // Гидрохимические материалы. – 1967. – Т. 45. – С. 89-106.
3. Л а з а р е в К. Г. и др. Ожидаемые изменения минерализации и относительного состава воды в бассейне р. Амударьи после зарегулирования стока (на уровне 1980 г.) / К. Г. Лазарев, А. С. Якушева, Р. К. Манихина // Гидрохимические материалы. – 1965. – Т. 40. – С. 23-25.
4. Р у б и н о в а Ф. Э. Влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим рек бассейна Аральского моря // Тр. САНИГМИ – 1987. – Вып. 124 (205). – 160 с.